

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

**EFEITOS DE INSETICIDAS SOBRE A MORTALIDADE
E BIOLOGIA DE LAGARTAS DE *Spodoptera frugiperda*
(Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) EM SOJA [*Glycine
max* (L.) Merrill]**

**CAMILA BENITEZ VILHASANTI
LUCAS SILVA DE SANTANA**

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2021**

**EFEITOS DE INSETICIDAS SOBRE A MORTALIDADE
E BIOLOGIA DE LAGARTAS DE *Spodoptera frugiperda*
(Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) EM SOJA [*Glycine
max* (L.) Merrill]**

CAMILA BENITEZ VILHASANTI
LUCAS SILVA DE SANTANA

ORIENTADOR: PROF. DR. PAULO EDUARDO DEGRANDE

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Federal da
Grande Dourados como parte das exigências
do Curso de Agronomia da Faculdade de
Ciências Agrárias

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2021**

SUMÁRIO

PÁGINA

1. AGRADECIMENTOS	3
2. RESUMO.....	4
3. ABSTRACT	5
4. INTRODUÇÃO GERAL	6
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	8
6. ARTIGO	11
a. RESUMO.....	11
b. ABSTRACT	12
c. JUSTIFICATIVA	13
d. MATERIAL E MÉTODOS	15
i. Criação de <i>S. frugiperda</i>	15
ii. Tratamentos, delineamento experimental e repetições.....	15
iii. Cultivo da soja.....	16
iv. Biotestes	16
v. Análise Estatística.....	17
e. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
f. CONCLUSÃO.....	26
g. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27

1. AGRADECIMENTOS

Agradecemos,

A Universidade Federal da Grande Dourados, pela oportunidade de realização deste Trabalho de Conclusão de Curso.

Aos nossos familiares que nos apoiaram durante nossa formação acadêmica.

Ao Prof. Dr. Paulo Eduardo Degrande, pela orientação e apoio antes, durante e após o desenvolvimento do Trabalho de Conclusão de Curso.

Aos professores da Faculdade de Ciências Agrárias (FCA/UFGD) que contribuíram para nossa formação acadêmica.

À equipe do Laboratório de Entomologia Aplicada por toda contribuição, em especial à Mestranda Ana Maria Nascimento Scoton, à Dra. Ellen Patricia de Souza e ao Doutorando Matheus Dalla Cort Pereira pelas dicas na redação deste trabalho.

Ao Programa de Educação Tutorial (PET-Agronomia da UFGD), do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE), que contribuiu para o nosso desenvolvimento pessoal e acadêmico.

Por fim, todos aqueles que de alguma forma colaboraram de maneira direta ou indireta para o desenvolvimento deste Trabalho de Conclusão de Curso.

2. RESUMO

A lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (Smith 1797) é uma praga que ataca diversas culturas de importância econômica, como a soja. Sua importância na cultura vem aumentando nas últimas safras e está relacionada às injúrias causadas às folhas e vagens obrigando os produtores realizarem seu controle. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito não-alvo de inseticidas recomendados e utilizados para o controle de *Bemisia tabaci* (Genn.) biótipo B sobre a *Spodoptera frugiperda*. O experimento foi conduzido no Laboratório de Entomologia Aplicada, da Universidade Federal da Grande Dourados-UFGD, município de Dourados (MS). O delineamento experimental, foi inteiramente casualizado, com cinco tratamentos, e cinquenta repetições. Os tratamentos foram: testemunha negativa (água destilada), testemunha positiva (lufenuron), buprofezin, pyriproxyfen e diafenthiuron. Em cada repetição ocorreu a individualização de uma lagarta em copos plásticos, onde foram ofertadas folhas de soja tratadas, via pulverização, com a dosagem máxima dos inseticidas recomendada em bula para a mosca-branca. Os tratamentos foram avaliados diariamente durante todas as fases: larval, pupal, emergência de adultos e fecundidade. Os resultados obtidos para mortalidade larval mostraram que o diafenthiuron apresentou 100% de controle, seguido do pyriproxyfen com 28% e buprofezin com 12%. A duração do período larval dos insetos expostos ao pyriproxyfen e ao buprofezin foram maiores comparados com o tratamento testemunha. Enquanto para os parâmetros biológicos das pupas constatou-se que o pyriproxyfen que causou o menor índice de formação de pupas e maior mortalidade pupal, seguido pelo buprofezin. Para a emergência de adultos, o pyriproxyfen apresentou uma menor taxa, com 13,8% e maior porcentagem de adultos deformados com 60%. Contrariamente ao que cita a maioria da literatura científica atual, concluímos que os inseticidas em estudo causam mortalidade da *S. frugiperda* ou efeitos em seus padrões biológicos.

Palavras-chave: lagarta-do-cartucho; lufenuron; buprofezin; pyriproxyfen; diafenthiuron; mortalidade.

3. ABSTRACT

The fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (Smith 1797) is a pest that attacks several crops of economic importance, such as soybeans. Its importance in the crop has been increasing in recent harvests and is related to injuries caused to leaves and pods forcing producers to perform their control. The objective of this work was to evaluate the non-target effect of insecticides recommended and used to control *Bemisia tabaci* (Genn.) biotype B on *Spodoptera frugiperda*. The experiment was conducted at the Laboratory of Applied Entomology, Federal University of Grande Dourados-UFGD, municipality of Dourados (MS). The experimental design was completely randomized, with five treatments, and fifty repetitions. The treatments were: control negative (water), control positive (lufenuron), buprofezin, pyriproxyfen and diafenthiuron. In each repetition, an individualization of a caterpillar occurred in plastic cups, where soybean leaves were offered treated, via spraying, with the maximum dosage of insecticides recommended in a whitefly leaflet. Treatments were evaluated daily during all phases: larval, pupal, adult emergence and fecundity. The results obtained for larval mortality showed that diafenthiuron presented 100% control, followed by pyriproxyfen with 28% and buprofezin with 12%. The duration of the larval period of insects exposed to pyriproxyfen and buprofezin was longer compared with the control treatment. While for the biological parameters of the pupae it was found that pyriproxyfen caused the lowest rate of pupae formation and higher pupal mortality, followed by buprofezin. For adult emergence, pyriproxyfen presented a lower rate, with 13,8% and higher percentage of deformed adults with 60%. Contrary to what most of the current scientific literature cites, we conclude that the insecticides under study cause mortality from *S. frugiperda* or effects on its biological patterns.

Key words: fall armyworm; lufenuron; buprofezin; pyriproxyfen; diafenthiuron; mortality.

4. INTRODUÇÃO GERAL

Spodoptera frugiperda [Smith, 1797 (Lepidoptera: Noctuidae)] é uma importante praga das Américas e recentemente se tornou praga invasora de algumas regiões noutros continentes, como África, Ásia e Oceania (FAO, 2021). Esse inseto possui hábito alimentar polífago, com um total de 353 espécies de plantas hospedeiras relatadas pertencentes a 76 famílias (MONTEZANO et al., 2018), apresentando preferência por Poaceae (106), Asteraceae (31) e Fabaceae (31) (CASMUZ et al., 2010; MONTEZANO et al., 2018).

Este inseto-praga vem ocupando uma posição de destaque na cultura da soja nos últimos anos no Brasil, ocasionando perdas e aumento nos custos de produção significativos (NAGOSHI, 2009; BARROS et al., 2010; ROSA et al., 2014). Na fase inicial da cultura as lagartas de *S. frugiperda* costumam apresentar hábito de lagarta-rosca, sendo encontradas sob o solo durante o dia e à noite ou em dias nublados se deslocam para a superfície para alimentar-se, cortando plantas e ocasionando perdas de estande, podendo também causar alguma desfolha. Na fase reprodutiva da cultura causam danos pelo consumo foliar e injúrias às vagens (HOFFMANN-CAMPO et al., 2012; MOSCARDI et al., 2012; OLIVEIRA, 2014).

A *S. frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) se consolidou como uma praga crítica comum ao sistema de produção no Cerrado brasileiro, devido a sua dinâmica adaptativa as monoculturas cultivadas nessa região, como milho, soja e algodão, todas hospedeiras da praga, criando dessa forma uma “ponte verde” para que as populações do inseto sobrevivam ao longo do tempo (NASCIMENTO et al., 2016).

Os inseticidas reguladores de crescimento de insetos (mímicos do hormônio juvenil e inibidores da biossíntese de quitina tipo 1) e os inibidores de ATP sintetase mitocondrial, são normalmente utilizados no controle da mosca-branca (DEGRANDE e VIVAN, 2012; SANTOS, 2019), a *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae), que também está se tornando uma grande preocupação nas áreas de soja pelos danos causados e pela dificuldade de controle (LIMA e LARA, 2004; MOSCARDI et al., 2012; IRAC, 2013).

O pyriproxyfen é um inseticida análogo ao hormônio juvenil amplamente usado na agricultura para controle de hemípteros, como a *B. tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae) (ISHAAYA e HOROWITZ, 1995). A literatura científica cita

que o inseto intoxicado por este composto tem um desequilíbrio hormonal altamente específico, que acaba suprimindo a embriogênese, afetando a metamorfose e a emergência da forma adulta do indivíduo. Possui também atividade ovicida, podendo causar esterilidade em alguns insetos (JORDÃO, 2009; PESSOA, 2018; MOURA, 2019).

Por sua vez, o buprofezin é um inseticida que pertence ao grupo das tiadiazinas e a classe dos inibidores da biossíntese de quitina tipo 1, com especificidade a hemípteros (MORENO, 2002; BIBI e QURESHI, 2019).

O modo de ação do buprofezin é semelhante ao das benzoilureias, inibindo a síntese de N-acetil-glucosamina, precursora da quitina. A ausência desse composto, leva a formação defeituosa do exoesqueleto do inseto, fazendo com que sua forma juvenil não consiga realizar o processo de muda, levando-o à morte. O inseticida também pode causar anormalidades na oviposição e deixar fêmeas adultas do indivíduo estéreis (KHATUN et al., 2020; ULLAH et al., 2019, BIBI e QURESHI, 2019).

Já o diafenthiuron, é um pro-inseticida/acaricida, ou seja, é necessário que ocorra a conversão da molécula para sua forma ativa, sendo esse inseticida pertencente ao grupo químico das tiouréias (PETROSKE e CASIDA, 1995; STANLEY et al., 2016).

Quando a molécula deste composto é exposta a luz do sol ocorre uma dessulfuração que transforma a tiouréia em uma carbodiimida (CGA 140408), que é altamente tóxica para insetos e ácaros. A carbodiimida produzida é um inibidor da síntese de ATP mitocondrial, que se liga de forma covalente aos proteolípídeos que são subunidades da enzima ATPase e nas porinas encontradas na membrana externa da mitocôndria, inibindo a respiração mitocondrial (RUDER et al., 1993; RUDER et al., 1994; SU e XIA, 2020). O decréscimo na produção de ATP, diminui as atividades locomotoras do inseto exposto, já que não há energia o suficiente para a movimentação dos músculos, dificultando o funcionamento de órgãos essenciais, como coração e cérebro, ocasionando sua morte (RUDER et al., 1991; ISHAAYA e HOROWITZ, 1993; PETROSKE e CASIDA, 1995; BARBOSA et al., 2017; SU e XIA, 2020).

A investigação de efeitos inesperados (não-alvo) dos inseticidas sobre outras espécies de artrópodes, como inimigos naturais e outras pragas, está se tornando importante para o entendimento do real espectro de ação de um produto e seus impactos quando usado a campo. Neste estudo, estudamos se produtos tipicamente de efeito ninficida para mosca-branca teriam ação sobre lagartas de *S. frugiperda* na cultura da soja.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA, M. S.; FORTI, L. C.; FUJIHARA, R. T.; RAETANO, C. G. Effects of diafenthiuron in toxic baits on colonies of leaf-cutting ants (Hymenoptera: Formicidae). **Sociobiology**, p. 256-260, 2017.

BARROS, E. M.; TORRES, J. B.; BUENO, A. F. Oviposition, development, and reproduction of *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) fed on different hosts of economic importance. **Neotropical Entomology**, v. 39, n. 6, p. 996-1001, 2010.

BIBI, R.; QURESHI, I. Z. Short-term exposure of Balb/c mice to buprofezin insecticide induces biochemical, enzymatic, histopathologic and genotoxic damage in liver and kidney tissues. **Toxicology Mechanisms and Methods**, v. 29, n. 8, p. 587-603, 2019.

CASMUZ, A.; JUÁREZ, M. L.; SOCÍAS, M. G.; MURÚA, M. G.; PRIETO, S.; MEDINA, S.; WILLINK, E.; GASTAMINZA, G. Revisión de los hospederos del gusano cogollero del maíz, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Sociedad Entomológica Argentina**, v. 69, n. 3-4, p. 209-231. Buenos Aires, Argentina, 2010.

DEGRANDE, P. E.; VIVAN, L. Pragas da soja. **Tecnologia e produção: soja e milho**, v. 8, p. 155-206, 2012.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Fall Armyworm**, 2021. Disponível em: <<http://www.fao.org/fall-armyworm/faw%20monitoring/faw-map/pt/>> Acesso em: 20 abr. 2021.

HOFFMANN-CAMPO, C. B.; OLIVEIRA, L. J.; MOSCARDI, F.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; CORSO, I. C. Pragas que atacam plântulas, hastes e pecíolos da soja. **SOJA-Manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga (Embrapa)**, cap.3, p. 174-175, 2012.

INSECTICIDE RESISTANCE ACTION COMMITTEE. **Manejo da resistência a inseticidas e plantas Bt**. Folder, ESALQ/ USP, Piracicaba-SP, 2013.

ISHAAYA, I.; HOROWITZ, A. R. Pyriproxyfen, a novel insect growth regulator for controlling whiteflies: mechanisms and resistance management. **Pesticide Science**, v. 43, n. 3, p. 227-232, 1995.

ISHAAYA, I.; MENDELSON, Z.; HOROWITZ, A. R. Toxicity and growth-suppression exerted by diafenthiuron in the sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci*. **Phytoparasitica**, v. 21, n. 3, p. 199-204, 1993.

JORDÃO, A. L. **Efeitos da ingestão de carboidratos com reguladores de crescimento de insetos na reprodução de *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae)**. 2009. 81 f. Tese (Doutorado em Entomologia). Universidade de São Paulo “Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

Piracicaba-SP.

KHATUN, M. R.; DAS, G.; AHMED, K. S.; KATO-NOGUCHI, H. Inhibitory effect of buprofezin on the larval growth and development of *Spodoptera litura* (F.). **Indian Journal of Entomology**, v. 82, n. 1, p. 20-23, 2020.

LIMA, A.; LARA, F. M. Resistência de genótipos de soja à mosca branca *Bemisia tabaci* (Genn.) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae). **Neotropical Entomology**, v. 33, n. 1, p. 71-75, 2004.

MONTEZANO, D. G; SPECHT, A; SOSA-GÓMES, D. R; SOUSA-SILVA, J. C; ROQUE-SPECHT, V. F; PAULA-MORAES, S.V; PETERSON, J.A; HUNT, T. E. Host Plants of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas. **Faculty Publications: Department of Entomology**, v. 26, n. 2, 2018.

MORENO, P. R.; NAKANO, O. Atividade de buprofezin sobre a cigarrinha verde do feijoeiro *Empoasca kraemeri* (Ross & Moore, 1957) (Hemiptera, Cicadellidae) em condições de laboratório. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 3, p. 475-481, 2002.

MOSCARDI, F., BUENO, A. D. F., SOSA-GÓMEZ, D. R., ROGGIA, S., HOFFMANN- CAMPO, C. B., POMARI, A. F., CORSO, I. C., YANO, S. A. C. Artrópodes que atacam as folhas da soja. **SOJA-Manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga (Embrapa)**, cap.4, p. 244-245, 2012.

MOURA, L. **Programas de controle de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae): análise do efeito da temperatura ambiente sobre a eficiência do larvicida Pyriproxyfen em laboratório**. 2019. 109 f. Dissertação (Mestrado em Ciências: Engenharia: Hidráulica e Saneamento) - Universidade de São Paulo “Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba-SP.

NAGOSHI, R. N. Can the amount of corn acreage predict fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) infestation levels in nearby cotton? **Journal of Economic Entomology**, v. 102, n. 1, p. 210-218, 2009.

NASCIMENTO, A. R. B. D.; FARIAS, J. R.; BERNARDI, D.; HORIKOSHI, R. J.; OMOTO, C. Genetic basis of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) resistance to the chitin synthesis inhibitor lufenuron. **Pest Management Science**, v. 72, n. 4, p. 810-815, 2016.

OLIVEIRA, T. C. de. **Flutuação populacional de lagartas desfolhadoras e distribuição espacial de Plusiinae na cultura da soja [*Glycine Max* (L.) Merrill]**. 2014. Dissertação (Mestrado em Fitossanidade) – Universidade Federal de Goiás.

PESSOA, L. F. F. **Uso do pyriproxyfen em novas abordagens para controle de formas jovens e adultas de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae)**. 2018. 72 f. Dissertação (Mestrado em Biociências e Biotecnologia em Saúde) – Instituto Aggeu Magalhães, Fundação Oswaldo Cruz, Recife-PE.

PETROSKE, E.; CASIDA, J. E. Diafenthiuron action: carbodiimide formation and ATPase inhibition. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 53, n. 1, p. 60-74, 1995.

ROSA, A. P. S. A. da; TEIXEIRA, H. B.; MEDINA, L. B.; HELLWING, L.; FIPKE, M.V. Ponte Verde para *Spodoptera frugiperda* (JE Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em Terras Baixas. **Embrapa Clima Temperado-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2014.

RUDER, F. J.; GUYER, W.; BENSON, J. A.; KAYSER, H. The thiourea insecticide/acaricide diafenthiuron has a novel mode of action: inhibition of mitochondrial respiration by its carbodiimide product. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 41, n. 2, p. 207-219, 1991.

RUDER, F. J.; KAYSER, H. The carbodiimide product of diafenthiuron inhibits mitochondria in vivo. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 46, n. 2, p. 96-106, 1993.

RUDER, F.; KAYSER, H. The thiourea insecticide diafenthiuron inhibits mitochondrial ATPase in vitro and in vivo by its carbodiimide product. **Biochem. Soc. Trans.**, v. 22, p. 241-244, 1994.

SANTOS, E. N. **Nível de controle da mosca-branca, *Bemisia tabaci*-ME- AM1/biótipo B (GENNADIUS, 1889) na soja**. 2019. 49 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Centro Universitário de Goiás - Universidade ANHANGUERA, Goiânia-GO.

STANLEY, J.; PREETHA, G.; CHANDRASEKARAN, S.; KUTTALAM, S.; JASMINE, R. S. Selective toxicity of diafenthiuron to non-target organisms: honeybees, coccinellids, chelonus, earthworms, silkworms and fish. **Journal of Plant Protection Research**, v. 56, n. 1, 2016.

SU, C.; XIA, X. Sublethal effects of methylthio-diafenthiuron on the life table parameters and enzymatic properties of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae). **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 162, p. 43-51, 2020.

ULLAH, F.; GUL, H.; YOUSAF, H. K.; XIU, W.; QIAN, D.; GAO, X.; TARIQ, K.; HAN, P.; DESNEUX, N.; SONG, D. Impact of low lethal concentrations of buprofezin on biological traits and expression profile of chitin synthase 1 gene (CHS1) in melon aphid, *Aphis gossypii*. **Scientific reports**, v. 9, n. 1, p. 1-13, 2019.

6. ARTIGO

EFEITOS DE INSETICIDAS SOBRE A MORTALIDADE E BIOLOGIA DE LAGARTAS DE *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) EM SOJA [*Glycine max* (L.) Merrill]

Camila Benitez Vilhasanti¹, Lucas Silva de Santana¹, Paulo Eduardo Degrande¹.

¹ Curso de Graduação em Agronomia, Faculdade de Ciências Agrárias (FCA) da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Caixa Postal 533, Dourados – MS, CEP 79804-970, Brasil. E-mail: vilhasanticamila@gmail.com, lucas-silvasantana@hotmail.com, paulodegrande@ufgd.edu.br

RESUMO - A lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (Smith 1797) é uma praga que ataca diversas culturas de importância econômica, como a soja. Sua importância na cultura vem aumentando nas últimas safras e está relacionada às injúrias causadas às folhas e vagens obrigando os produtores realizarem seu controle. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito não-alvo de inseticidas recomendados e utilizados para o controle de *Bemisia tabaci* (Genn.) biótipo B sobre a *Spodoptera frugiperda*. O experimento foi conduzido no Laboratório de Entomologia Aplicada, da Universidade Federal da Grande Dourados-UFGD, município de Dourados (MS). O delineamento experimental, foi inteiramente casualizado, com cinco tratamentos, e cinquenta repetições. Os tratamentos foram: testemunha negativa (água destilada), testemunha positiva (lufenuron), buprofezin, pyriproxyfen e diafenthiuron. Em cada repetição ocorreu a individualização de uma lagarta em copos plásticos, onde foram ofertadas folhas de soja tratadas, via pulverização, com a dosagem máxima dos inseticidas recomendada em bula para a mosca-branca. Os tratamentos foram avaliados diariamente durante todas as fases: larval, pupal, emergência de adultos e fecundidade. Os resultados obtidos para mortalidade larval mostraram que o diafenthiuron apresentou 100% de controle, seguido do pyriproxyfen com 28% e buprofezin com 12%. A duração do período larval dos insetos expostos ao pyriproxyfen e ao buprofezin foram maiores comparados com o tratamento testemunha. Enquanto para os parâmetros biológicos das pupas constatou-se que o pyriproxyfen que causou o menor índice de formação de pupas e maior mortalidade pupal, seguido pelo buprofezin. Para a emergência de adultos, o pyriproxyfen apresentou uma menor taxa, com 13,8% e maior porcentagem de adultos deformados com 60%. Contrariamente ao que cita a maioria da literatura científica atual, concluímos que os inseticidas em estudo causam mortalidade da *S. frugiperda* ou efeitos em seus padrões biológicos.

Palavras-chave: lagarta-do-cartucho; lufenuron; buprofezin; pyriproxyfen; diafenthiuron; mortalidade.

ABSTRACT - The fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (Smith 1797) is a pest that attacks several crops of economic importance, such as soybeans. Its importance in the crop has been increasing in recent harvests and is related to injuries caused to leaves and pods forcing producers to perform their control. The objective of this work was to evaluate the non-target effect of insecticides recommended and used to control *Bemisia tabaci* (Genn.) biotype B on *Spodoptera frugiperda*. The experiment was conducted at the Laboratory of Applied Entomology, Federal University of Grande Dourados-UFGD, municipality of Dourados (MS). The experimental design was completely randomized, with five treatments, and fifty repetitions. The treatments were: control negative (water), control positive (lufenuron), buprofezin, pyriproxyfen and diafenthiuron. In each repetition, an individualization of a caterpillar occurred in plastic cups, where soybean leaves were offered treated, via spraying, with the maximum dosage of insecticides recommended in a whitefly leaflet. Treatments were evaluated daily during all phases: larval, pupal, adult emergence and fecundity. The results obtained for larval mortality showed that diafenthiuron presented 100% control, followed by pyriproxyfen with 28% and buprofezin with 12%. The duration of the larval period of insects exposed to pyriproxyfen and buprofezin was longer compared with the control treatment. While for the biological parameters of the pupae it was found that pyriproxyfen caused the lowest rate of pupae formation and higher pupal mortality, followed by buprofezin. For adult emergence, pyriproxyfen presented a lower rate, with 13,8% and higher percentage of deformed adults with 60%. Contrary to what most of the current scientific literature cites, we conclude that the insecticides under study cause mortality from *S. frugiperda* or effects on its biological patterns.

Key words: fall armyworm; lufenuron; buprofezin; pyriproxyfen; diafenthiuron; mortality.

c. JUSTIFICATIVA

As estimativas de safra indicam que o Brasil aumentou sua área cultivada em 3,6% na safra 2020/2021 em relação à safra anterior (CONAB, 2021). O grão de soja é um importante *commodity* mundial, por suas vezes o farelo e o óleo de soja são produtos de especial relevância socioeconômica para o país. O Brasil ocupa o primeiro lugar como maior produtor de soja, com 35,3% da produção mundial, seguido dos Estados Unidos com 32,5% (CONAB, 2019; CONAB, 2020).

Nos últimos anos tem se observado um aumento significativo na ocorrência de algumas pragas secundárias nas lavouras de soja, como *Spodoptera frugiperda* e *Bemisia tabaci* biótipo B (DEGRANDE e VIVAN, 2012; CONTE et al., 2020; TOMQUELSKI et al., 2020). A ocorrência destas pragas pode estar relacionada as mudanças que ocorreram no sistema de produção ao longo do tempo, principalmente a partir da adoção da soja *Bt* que contém a proteína Cry1Ac que controla as principais lagartas desfolhadoras da soja, em função disto ocorreu uma redução das aplicações de inseticidas para o controle de lagartas podendo estar este fator relacionado ao aumento de outras lagartas como *S. frugiperda*, sendo esta tolerante a proteína (CONTE et al., 2020).

Já os aumentos de pulverizações de fungicidas desde o aparecimento da ferrugem asiática no Brasil também pode estar interferindo na sobrevivência de alguns inimigos naturais que controlam naturalmente algumas pragas agrícolas, podendo este também explicar este aumento de *S. frugiperda* e *Bemisia tabaci* biotipo B (SOSA-GÓMEZ et al., 2003). Outro fator que pode ser incluído no aumento da ocorrência destas duas pragas secundárias é a questão climática, sendo que estas duas pragas são favorecidas por períodos mais quentes e secos (SHARMA et al., 2013).

A *S. frugiperda* é uma praga que causa danos econômicos em diversas culturas, como milho, algodão, feijão, sorgo e arroz (BARROS et al., 2010; IRAC, 2013; ROSA et al., 2014). Sua importância vem aumentando na soja, podendo atacar na fase inicial da cultura onde causa a morte de plantas com redução de estande, causando prejuízos irreversíveis a cultura; causa danos também na fase vegetativa e reprodutiva das plantas, ocasionando principalmente desfolha (HOFFMANN-CAMPO et al., 2012) e danos em vagens (PANIZZI et al., 2012; OLIVEIRA, 2014).

Cultivos sucessivos que proporcionam uma alimentação diversificada para *S.*

frugiperda ao longo de todo ano, utilização de inseticidas com mesmo mecanismo de ação, ciclo de desenvolvimento relativamente curto e alta fecundidade têm contribuído para a evolução à resistência a alguns principais grupos de inseticidas, como piretroides, organosfosforados, carbamatos e espinosinas (MCCORD e YU, 1987; DOURADO, 2009; ROSA et al., 2011).

A *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) tem assumido cada vez mais importância nesta cultura, devido a ocorrência de ataques mais severos nas últimas safras, e o seu difícil controle. Seus danos podem ser diretos como a sucção de seiva da planta, que pode causar perda de produtividade ou até levar a planta a morte, e indiretos como a transmissão de vírus (DEGRANDE e VIVAN, 2012).

Para este aleirodídeo foi relatado o aumento de aplicações de inseticidas, especialmente ninficidas, para o seu controle nos últimos anos, em cerca de 4 a 6 aplicações por safra, de acordo com a região. Os inseticidas mais comumente usados para o controle da mosca-branca são os mímicos de hormônio juvenil, inibidores da biossíntese de quitina tipo 1 (reguladores de crescimento) e inibidores de ATP mitocondrial sintase, os quais apresentam alta seletividade a inimigos naturais e baixa toxicidade a mamíferos (SANTOS, 2019). Pyriproxyfen, buprofezin e diafenthiuron são exemplos de ingredientes ativos que apresentam um dos modos de ação mencionados anteriormente (IRAC, 2018), tais produtos não são recomendados para o controle de *S. frugiperda* e a literatura que trata deste possível controle do lepidóptero é muito escassa.

De acordo com a literatura se tem relatos da ação do pyriproxyfen, por exemplo, na biologia de *Plutella xylostella*, *Spodoptera mauritania*; o buprofezin também tem um respaldo da literatura sobre sua ação em insetos da ordem lepidóptera, como em *Spodoptera litoralis* e *Spodoptera litura*; já o diafenthiuron há relatos na literatura demonstrando seus efeitos em lepidópteros, como em *Plutella xylostella* e *Bombyx mori* (NASR et al., 2010; RESMITHA e MEETHAL 2016; SARKAR e MAITY, 2016; STANLEY et al., 2016; KHATUN et al., 2019; RILEY et al., 2020;).

Desta forma este estudo teve como objetivo geral investigar o efeito não-alvo à *S. frugiperda* dos inseticidas pyriproxyfen, buprofezin e diafenthiuron utilizados especificamente para o controle de mosca-branca na cultura da soja.

d. MATERIAL E MÉTODOS

Os estudos foram realizados no Laboratório de Entomologia Aplicada (Latitude 22°13'16" S; Longitude 54°17'01" W; Altitude de 430 m) da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), no município de Dourados, Mato Grosso do Sul, no período de 23/9 a 23/12/2020.

i. Criação de *S. frugiperda*

Os insetos do estudo foram provenientes da criação de *S. frugiperda* do Laboratório de Entomologia Aplicada da UFGD, mantidos em condições controladas (sala climatizada) de temperatura $25 \pm 2^\circ\text{C}$, umidade relativa (UR) de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 14h, sendo alimentadas com dieta artificial adaptada da metodologia de Greene et al. (1976).

ii. Tratamentos, delineamento experimental e repetições

Foram utilizadas as doses máximas registradas nas bulas dos inseticidas usados no controle de mosca-branca. Como testemunha negativa foi utilizada água destilada e como testemunha positiva foi utilizado o inseticida lufenuron (NERI et al., 2009; TAVARES et al., 2010), que é um inseticida pertencente ao grupo 15 dos inibidores da biosíntese de quitina, do tipo 0, específicos a lepidópteros. (Tabela 1).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com cinco tratamentos e cinquenta repetições, sendo cada lagarta individualizada em uma repetição (FREITAS, 2014).

Tabela 1. Tratamentos utilizados nos estudos.

Ingrediente Ativo	Nome Comercial	Sítio de Ação	Dosagem (L ou Kg).ha ⁻¹)
Água destilada	-	-	-
Lufenuron	Match EC	Inibidor da síntese de quitina	0,15 L
Diafenthiuron	Polo 500 SC	Inibidor da ATP sintetase mitocondrial	1,0 L

Continua

Tabela 1, Cont.

Buprofezin	Applaud 250 WP	Inibidor da síntese de quitina	1,5 Kg
Pyriproxyfen	Tiger 100 EC	Mimico do hormônio juvenil	0,5 L

iii. Cultivo da soja

Em condições de campo, foram cultivadas plantas de soja da variedade BMX Potência RR (não *Bt*). Os tratamentos culturais seguiram as recomendações agronômicas da cultura, mas sem eventuais aplicações de pesticidas para não ocorrer interferência nos resultados dos trabalhos, também foi realizada a irrigação para atender as necessidades hídricas das plantas (AZAMBUJA, 2016).

iv. Biotestes

No começo do estudo foram utilizadas lagartas de 3º ínstar obtidas da criação de *S. frugiperda*, individualizadas em potes plásticos de 250 ml forrados com papel filtro, alimentadas durante toda fase larval com folíolos de soja completamente abertos, coletados no estágio fenológico R3-R4. Foi realizada uma única pulverização dos inseticidas (Tabela 1), para também ser observado a degradação dos inseticidas ao longo do tempo, sendo a aplicação realizada no dia 23/11/2020. Para a aplicação dos inseticidas foi utilizado equipamento de pulverização manual costal (sendo feita tríplice lavagem entre cada aplicação dos inseticidas), com volume de calda de 400 L/ha, correspondente ao ponto de escoamento.

Após a secagem dos inseticidas aplicados sobre as plantas, foram coletadas folhas completamente expandidas e maduras, preferencialmente do terço superior e ofertadas as lagartas, a troca de folhas foi realizada a cada dois dias, até o final do período larval.

O acompanhamento das lagartas foi realizado diariamente até a fase de pré-pupa, quando os insetos pararam de se alimentar. Neste período, as fases imaturas foram avaliadas em suas seguintes características: (1) mortalidade diária, (2) mortalidade acumulada, (3) mortalidade total, (4) número de pupas formadas, (5) número de pupas deformadas. Foi considerada morta a lagarta que não apresentou resposta ao ser tocada (estímulo) por um pincel com cerdas macias.

As pupas obtidas foram sexadas, seguindo a metodologia de Butt e Cantu (1962), através da distinção do último segmento com o auxílio de uma lupa utilizando a lente 40X com iluminação transmitida e refletida. Posteriormente, foram acondicionadas em potes plásticos de 250 ml forrados com papel filtro e avaliado o número de adultos emergidos e a deformação destes indivíduos (FERNANDES et al., 2017).

Os adultos emergidos foram individualizados em casais de no máximo dois dias de idade, sendo separado 10 casais para cada tratamento, e colocados em gaiolas de PVC, vedadas na parte inferior com uma tampa plástica e na parte superior com tecido tipo “tule”, forrada internamente com papel sulfite A4 que funcionou como superfície para oviposição. As mariposas foram alimentadas com solução de mel a 10%, disposta por capilaridade, através de pedaços de algodão mergulhados em recipientes de plástico, trocados a cada dois dias (MARONEZE et al., 2009).

Foi realizada a coleta diária e contagem dos ovos, utilizando a metodologia descrita por Leuck e Perkins (1972), onde foi quantificado o número de ovos presente na primeira camada e posteriormente esse valor foi multiplicado pela quantidade de camadas da postura, somado com os ovos contabilizados na bordadura das camadas, todo processo foi realizado com o auxílio da lupa citada para ser avaliada a fecundidade (número de ovos/fêmea). Logo após, foi separada uma amostra com 20 ovos a partir da segunda e terceira postura, com 10 repetições por tratamento, sendo acondicionadas em recipientes plásticos. Foi feita diariamente a contagem de lagartas eclodidas para a avaliação da viabilidade dos ovos (MARONEZE et al., 2009; STORCH et al., 2013).

v. Análise Estatística

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade Shapiro-Wilk ($P < 0,05$), como os dados não atingiram a normalidade, os mesmos foram submetidos a transformação de $\sqrt{x+1}$, após a adequação da normalidade, foi realizado a Análise de Variância (ANOVA), e para comparação de médias foi utilizado o teste de Tukey (5%). Para determinação da mortalidade corrigida, foi utilizada a fórmula de Abbott (ABBOTT, 1925; BARROS et al., 2005; AZAMBUJA, 2016; SANTANA, 2016).

e. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos em estudo. As maiores mortalidades larvais foram observadas nos tratamentos com os ingredientes ativos diafenthiuron e lufenuron, que causaram 100% de mortalidade larval total, o que era esperado apenas para o lufenuron (a testemunha positiva), uma vez que este produto é reconhecidamente efetivo no controle de lepidópteros, mas não para o diafenthiuron. Ainda, o pyriproxyfen diferiu significativamente da testemunha apresentando uma mortalidade larval total de 28%, enquanto o buprofezin causou 12% de mortalidade total, não diferindo significativamente da testemunha (Tabela 2).

Sarkar & Maity (2016) estudaram o efeito do diafenthiuron, indoxacarb e chlorpyrifos sobre populações de *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae), para o diafenthiuron foram utilizadas quatro concentrações (diafenthiuron 50% WP 300, 600, 1200 e 2400 g/ ha), para o qual todas as dosagens utilizadas se mostraram superiores no controle da praga quando comparado aos outros tratamentos e quando comparado à testemunha apresentou redução de até 94,2 % da população.

Stanley et al. (2016) realizaram estudos para verificar a toxicidade do diafenthiuron em organismos não-alvos, utilizando diferentes doses (diafenthiuron 50 WP 0,1; 0,2; 0,4; e 0,8 g.L⁻¹), todas as doses testadas causaram 100% de mortalidade do bicho-da-seda *Bombyx mori* (L.) (Lepidoptera: Bombycidae) em 24 horas. Os estudos citados demonstram a ação do ingrediente ativo sob alguns indivíduos da Ordem Lepidoptera.

No presente estudo, foi possível observar a ocorrência do aumento do período larval para lagartas submetidas ao tratamento com pyriproxyfen, que diferiu estatisticamente quando comparado aos demais tratamentos, ocorrendo o prolongamento do estágio larval da *S. frugiperda* em 16,46±4,41 dias, seguido pelo buprofezin que apresentou uma duração média de 13,46±2,52 dias. O pyriproxyfen por pertencer ao grupo dos juvenóides, que atuam imitando a ação do hormônio juvenil, interferiu no processo de metamorfose dos insetos (Figura 1a, Figura 1b). Os mímicos do hormônio juvenil apresentam uma ação mais acentuada no último ínstar do inseto (GALLO et al., 2002).

Os insetos permaneceram por um período mais prolongado na fase jovem (6º ínstar) não passando para a fase pupal, como ocorreu na testemunha. El-Sheikh et al. (2016)

realizaram um estudo visando observar os efeitos dos inseticidas juvenoides sob *Spodoptera frugiperda*, no qual um dos ingredientes ativos utilizados foi o pyriproxyfen, por meio de aplicação tópica e uma das variáveis avaliadas foi a duração do estágio larval, o qual demonstrou uma maior duração do último estágio larval de *S. frugiperda* quando comparado ao tratamento testemunha. Nasr et al. (2010) estudaram o efeito do pyriproxyfen e buprofezin sob lagartas de *Spodoptera littoralis* (Boisduval) (Lepidoptera: Noctuidae), observaram também uma prolongação do período larval em relação ao tratamento testemunha.

Tabela 2. Mortalidade total de lagartas, percentagem de mortalidade de controle dos inseticidas e média (\pm EP) da duração da fase larval.

Inseticidas	Mortalidade larval total (%)	Mortalidade Corrigida (%)	Período larval (Dias)
Testemunha (água)	4,0 c	-	10,44 \pm 1,05 c
Match® (Lufenuron)	100,0 a	100,0	3,46 \pm 0,95 d
Polo® (Diafenthiuron)	100,0 a	100,0	1,04 \pm 0,20 e
Applaud® (Buprofezin)	12,0 c	8,3	13,46 \pm 2,52 b
Tiger® (Pyriproxyfen)	28,0 b	25,0	16,46 \pm 4,41 a
CV (%)	9,15	-	12,72

*Porcentagens e médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.



Figura 1a: Efeito da exposição da *S. frugiperda* ao pyriproxyfen.



Figura 1b: Efeito da exposição da *S. frugiperda* ao buprofezin.

Os resultados obtidos, demonstrados na Figura 2, indicam diferenças estatisticamente significativas entre os inseticidas comparados à testemunha, quanto ao seu tempo de ação sobre o inseto, sendo obtido a mortalidade de 100% para o ingrediente ativo diafenthiuron, alcançando a mesma porcentagem de controle do tratamento com a testemunha positiva (lufenuron).

Ficou evidente o rápido efeito do diafenthiuron, que levou apenas dois dias para atingir a máxima mortalidade, diferenciando-se do lufenuron que pelo seu mecanismo de ação, atua na síntese de quitina durante o processo de ecdise, tem um efeito mais lento, levando três dias para alcançar a máxima mortalidade (ADEL, 2012; KHORSHIDI et al., 2019).

Os princípios ativos pyriproxyfen e buprofezin não apresentaram mortalidade acentuada e seus efeitos sobre as lagartas no início; as mortalidades se manifestaram mais tardiamente, sendo que o buprofezin alcançou 12% de mortalidade após 21 dias, e o pyriproxyfen atingiu a mortalidade de 28% após 23 dias, sendo observado um aumento gradativo de mortes a partir do décimo sétimo dia para o pyriproxyfen.

O efeito de choque do diafenthiuron, pode estar associado ao seu mecanismo de ação, que atua na ATP sintetase, enzima responsável pela síntese de ATP na respiração celular, com o inseto exposto ao inseticida ocorre ao decréscimo energético em seu corpo levando-o à paralisia, e posterior morte (RUDER et al., 1991; RUDER et al., 1993; Barbosa et al., 2017). Estudos feitos por Chowdary e Sharma (2019) com *Plutella xylostella* mostraram resultados semelhantes, com redução de 92,5% das lagartas após três dias da aplicação.

Apesar do mecanismo de ação do buprofezin atuar na inibição da biossíntese de quitina, assim como as benzoiluréias, é sabido que o composto tem maior afinidade e efeito sobre insetos da Ordem Hemiptera, como mosca-branca e cigarrinhas. Em lepidópteros sua ação ocorre devido à dificuldade da metabolização do composto pelo inseto, sendo necessário maior tempo de exposição ao inseticida para apresentar efeitos sobre o indivíduo. (KHAN, 2016; ONO et al., 2017). Os dados do presente estudo diferem dos obtidos por Khatun et al. (2017) que utilizaram diferentes concentrações de buprofezin em *Spodoptera litura* (F.) (Lepidoptera: Noctuidae), que levaram a 56,70% de mortalidade. Contudo, em ensaios realizados por BORAH (2018) com *Scirpophaga incertulas* Walker (Lepidoptera: Pyralidae), com o objetivo de observar a eficiência biológica de diferentes concentrações de Cartap associadas ao buprofezin, no tratamento com o buprofezin isolado na concentração de 200 g i.a/ha foram obtidos resultados

semelhantes aos do trabalho aqui apresentado, alcançando mortalidade de 5,9%, 4,1% e 15% com 5, 10 e 15 dias após a aplicação.

Os resultados obtidos pelo pyriproxyfen mostraram um efeito gradativo do inseticida nos ínstares finais das lagartas, isso se deve porque o ingrediente ativo é um análogo ao hormônio juvenil, atuando principalmente no último ínstar do inseto, quando a produção do hormônio pelo sistema endócrino diminui para entrar no processo de metamorfose, a adição do inseticida faz com que os níveis do composto permaneçam altos, dessa forma o indivíduo apresenta dificuldades para realizar a pupação, mantendo suas características de fase imatura (GALLO et al., 2002; TUNAZ e UYGUN, 2004). Riley et al. (2020) realizando estudos com diferentes inseticidas sobre *Plutella xylostella*, observou baixa efetividade na redução da população da praga, sendo observado um número médio de lagartas mortas de 2,49 na concentração de 75,3 g i.a/ha.

Em *Plutella xylostella* também foi observado o efeito mais ativo do pyriproxyfen nos últimos ínstares, utilizando doses em LC₁₀ e LC₂₅, com decréscimo na taxa de sobrevivência dos insetos após 10 dias da exposição e redução mais acentuada após 25 dias (Mahmoudvand et al., 2015).

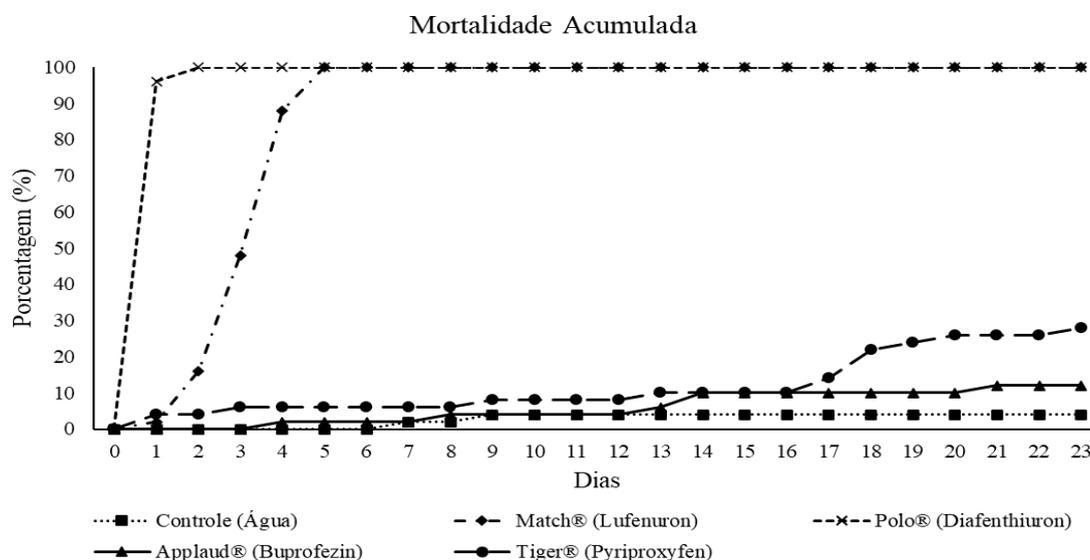


Figura 2: Percentagem de mortalidade acumulada larval ao longo dos dias para os tratamentos com lufenuron, diafenthiuron, buprofezin, pyriproxyfen e testemunha.

Os resultados apresentados na Tabela 3 mostram maior atividade dos inseticidas na fase de pupa. O tratamento testemunha e o inseticida buprofezin alcançaram 88% e 80% de pupação respectivamente, já o tratamento com o princípio ativo pyriproxyfen, houve redução significativa, sendo que 66% das lagartas alcançaram a fase de pupa. Notou-se maiores quantidades de pupas deformadas nos tratamentos com os

inseticidas, atingindo 44,4% para o pyriproxyfen e 32,5 % para o buprofezin, comparado ao tratamento testemunha que apresentou 8,3% de pupas deformadas. O pyriproxyfen apresentou alta mortalidade de pupas, alcançando 86,1%, seguido pelo buprofezin que atingiu 56,8% e o tratamento testemunha 29,1%. Quanto à duração do período pupal e a razão sexual não foram observadas diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos.

A presença do pyriproxyfen no último ínstar da *S. frugiperda*, levou a formação de indivíduos incompletos (larva-pupa), como demonstrado na Figura 1a e Figura 3, além de indivíduos mal-formados. Esses efeitos podem estar associados com a inibição do hormônio ecdisona, que é responsável pela sinalização para a produção da cutícula para a formação da pupa, a alta presença do análogo ao hormônio juvenil, causa o bloqueio de sua produção pelas glândulas protorácicas (GALLO et al., 2002; El-Sheikh et al., 2015).

Alizadeh et al. (2012) obtiveram resultados semelhantes aos observados no presente trabalho em relação a mortalidade de pupas no tratamento com pyriproxyfen, pelo qual estudaram os efeitos subletais do inseticida sob o ciclo do lepidóptero *Plutella xylostella*, utilizando doses em LC₂₅ E LC₅₀, constando maior mortalidade em LC₅₀ (46,1%) seguido pela LC₂₅ (34,5%), quando comparados ao tratamento testemunha.

Todavia, Ghasemi et al. (2010), estudando os efeitos fisiológicos e bioquímicos do pyriproxyfen em *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae), relataram o aumento na quantidade de pupas deformadas, com o aumento gradativo das concentrações do inseticida, sendo observado a porcentagem de indivíduos mal-formados de até 80% na concentração de 0,3 ppm.

Em estudos realizados com *Papilio demoleus* (Lepidoptera: Papilionidae), observando os efeitos do pyriproxyfen no desenvolvimento do inseto nas concentrações de 7,5; 15; 30 e 60 µg/µl, aplicadas em lagartas de quarto ínstar, foi observado a pupação de 40 % na concentração de 7,5 µg/µl, já para as outras concentrações não houve pupação, além do inseticida ter afetado a ecdise, sendo verificado os valores de 60% de falhas no processo da ecdise para a concentração de 7,5 µg/µl e 100% para as outras concentrações avaliadas (SINGH et al., 2011).

O buprofezin na fase de pupa de *S. frugiperda*, demonstrou afetar a formação de pupas, e conseqüentemente houve um aumento significativo na mortalidade, segundo Nasr et al. (2010) em ensaios com *Spodoptera littoralis*, o inseticida inibiu as enzimas quitinase e polifenol oxidase, que são importantes na catalização da quitina, a ausência

dessas enzimas, pode afetar a deposição do polissacarídeo na cutícula, levando a má formação.

Em estudos realizados por James (2004), observando o efeito do buprofezin em estágios imaturos em diferentes predadores, observou que 20% mortalidade das pupas formadas de *Stethorus punctum picipes* (Coleoptera: Coccinellidae). De outra forma, Wang et al. (2016) avaliaram os efeitos de diferentes inseticidas reguladores de crescimento sobre a biologia do endoparasitóide da mosca-branca *B. tabaci*, *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae), nos testes realizados com o buprofezin os valores de pupação alcançaram valores de 86,3% e 87,8% nas concentrações de 250 mg/L e 125 mg/L respectivamente, corroborando com os dados de pupação obtidos neste trabalho.

Tabela 3. Percentagem de pupação, deformidade e mortalidade de pupas, duração média (\pm EP) da fase pupal.

Inseticidas	Pupação (%)	Pupas deformadas (%)	Mortalidade de pupas (%)	Periodo pupal (dias)	Razão Sexual (σ/φ)
Testemunha (Água)	88,0 a	8,3 b	29,1 c	10,65 \pm 2,01 a	0,38 \pm 0,50 a
Match® (Lufenuron)	-	-	-	-	-
Polo® (Diafenthiuron)	-	-	-	-	-
Applaud® (Buprofezin)	80,0 ab	32,5 a	56,8 b	8,89 \pm 2,68 a	0,40 \pm 0,49 a
Tiger® (Pyriproxyfen)	66,0 b	44,4 a	86,1 a	9,0 \pm 1,0 a	0,47 \pm 0,49 a
CV (%)	12,78	15,7	15,11	10,3	17,57

*Porcentagens e Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



Figura 3: Pupas de *S. frugiperda* deformadas pela ação do pyriproxyfen.



Figura 4: Pupas de *S. frugiperda* deformadas pela ação do buprofezin.

Na Tabela 4, pode-se observar que a emergência de adultos foi afetada pelo tratamento com pyriproxyfen que apresentou uma taxa de emergência de 13,8% e o buprofezin 39,5%. Dos adultos emergidos dos tratamentos com pyriproxyfen, cerca de 60% apresentaram malformações, enquanto apenas 5,8% dos adultos do tratamento com buprofezin apresentaram malformações. As mariposas com deformações ficaram parcialmente aderidas ao tegumento da pupa, apresentando asas retorcidas, consequentemente possuíram uma movimentação limitada (Figura 5a, Figura 5b).

El-Sheikh et al. (2016) observaram os mesmos efeitos em adultos *de S. frugiperda*, no qual mais de 50% dos adultos que emergiram no tratamento com pyriproxyfen apresentaram malformações, uma quantidade bem maior do que quando comparado aos demais tratamentos do estudo. Alizadeh et al. (2012) realizaram bioensaios com o ingrediente ativo para avaliar os efeitos subletais, a partir aplicação tópica em larvas de terceiro ínstar de *Plutella xylostella*, constataram a interferência na emergência de mariposas e a presença de deformidades.

Tabela 4. Percentagem de emergência e de adultos bem formados e malformados.

Inseticidas	Emergência (%)	Adultos sem deformação (%)	Adultos deformados (%)
Testemunha (Água)	70,8 a	97,0 a	2,9 b
Match® (Lufenuron)	-	-	-
Polo® (Diafenthiuron)	-	-	-
Applaud® (Buprofezin)	39,5 b	94,1 a	5,8 b
Tiger® (Pyriproxyfen)	13,8 c	40,0 b	60,0 a
CV (%)	15,57	7,29	9,68

*Porcentagens seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



Figura 5a: Adulto de *S. frugiperda* apresentando deformação no tratamento com pyriproxyfen.



Figura 5b: Adulto de *S. frugiperda* apresentando deformação no tratamento com buprofezin.

Os testes referentes aos parâmetros de fecundidade e viabilidade de ovos não foram possíveis de serem realizados, devido o número de indivíduos necessários não terem sido alcançados.

f. CONCLUSÃO

No estudo, o diafenthiuron promoveu controle da fase larval de *S. frugiperda*, enquanto os inseticidas pyriproxyfen e buprofezin tiveram efeitos deletérios nas fases de pupa e adultos. Tratamentos usuais com diafenthiuron, pyriproxyfen e buprofezin para o controle da mosca-branca na cultura da soja a campo podem estar realizando reduções populacionais de lagartas de *S. frugiperda* como um efeito colateral. Estas descobertas podem contribuir significativamente para o entendimento do controle desta lagarta na cultura da soja.

g. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBOTT, W. S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**. v. 18, p. 265-267, 1925.

ADEL, M. M. Lufenuron impair the chitin synthesis and development of *Spodoptera littoralis* Bosid. (Lepidoptera: Noctuidae). **J. Appl. Sci. Res**, v. 8, n. 5, p. 27-66, 2012.

ALIZADEH, M., KARIMZADEH, J., RASSOULIAN, G. R., FARAZMAND, H., HOSEINI-NAVEH, V., POURIAN, H. R. Sublethal effects of pyriproxyfen, a juvenile hormone analogue, on *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae): life table study. **Archives of Phytopathology and Plant Protection**, v. 45, n. 14, p. 1741-1763, 2012.

AZAMBUJA, R. **Bioecologia de *Helicoverpa armigera* (HÜBNER) (Lepidoptera: Noctuidae) e seu controle microbiano e biotecnológico**. 2016. 91 f. Tese (Doutorado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados-MS.

BARBOSA, M. S.; FORTI, L. C.; FUJIHARA, R. T.; RAETANO, C. G. Effects of diafenthiuron in toxic baits on colonies of leaf-cutting ants (Hymenoptera: Formicidae). **Sociobiology**, p. 256-260, 2017.

BARROS, E. M.; TORRES, J. B.; BUENO, A. F. Oviposition, development, and reproduction of *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) fed on different hosts of economic importance. **Neotropical Entomology**, v. 39, n. 6, p. 996-1001, 2010.

BARROS, R. G.; ALBERNAZ, K.C.; TAKATSUKA, F. S.; CZEPAK, C.; FERNANDES, P. M.; TOFOLI, G. R. Eficiência de inseticidas no controle de *Spodoptera frugiperda* (Je Smith 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) na cultura do algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 35, n. 3, p. 179-182, 2005.

BORAH, P. D. B. Bio-efficacy and phytotoxicity of cartap hydrochloride 50%+ buprofezin 10% WP against yellow stem borer of rice. **Journal of Entomology and Zoology Studies**, p. 410-413, 2018.

BUTT, B. A.; CANTU, E. Sex determination of lepidopterous pupae. Washington: USDA, 1962. 7p. **ARS**, p. 33-75.

CHOWDARY, N. M.; SHARMA, P. C. Bioefficacy of newer insecticides against *Plutella xylostella* (L.) infesting cabbage. **Himachal Journal of Agricultural Research**, v. 45, n. 1&2, p. 46-50, 2019.

CONTE, O.; POSSAMAI, E.J.; CECERE F.P. Resultados do monitoramento integrado da colheita da soja na safra 2019/2020 no Paraná. **Embrapa Soja-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2020.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Perspectivas para a agropecuária: Safra 2019/2020**, v.7, p.85-92, Brasília, 2019.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Perspectivas para a agropecuária: Safra 2020/2021**, v.8, p.64-75, Brasília, 2020.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira: Grãos | Safra 2020/2021**. v.8, p.74-87, Brasília, 2021.

DEGRANDE, P. E.; VIVAN, L. Pragas da soja. **Tecnologia e produção: soja e milho**, v. 8, p. 155-206, 2012.

DOURADO, P. M. **Resistência de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) a spinosad no Brasil**. 2009. 71 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Universidade de São Paulo, “Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba-SP.

EL-SHEIKH, El-Sayed A.; KAMITA, S. G.; HAMMOCK, B. D. Effects of juvenile hormone (JH) analog insecticides on larval development and JH esterase activity in two spodopterans. **Pesticide biochemistry and physiology**, v. 128, p. 30-36, 2016.

FERNANDES, F. O.; ABREU, J. A.; CHRISTI, L. M.; RODRIGUES-FILHO, J. A.; MARTINS, A.; ROSA, A. P. S. A. Desenvolvimento de *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) em cultivares de milho em laboratório (p. 35). Pelotas: Embrapa Clima Temperado (**Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 264**), 2017.

FREITAS, A. F.; FORMAGIO, A. S.; PEREIRA, F. F.; LUCCHETTA, J. T.; VIEIRA, M. D. C. Effect of extracts of *Trichilia silvatica* C. DC. on development and reproduction parameters of *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **African Journal of Biotechnology**, v. 13, n. 20, 2014.

GALLO, D.; NAKANO, O.; NETO, S.S.; CARVALHO, R.P.L.; BAPTISTA, G.C de; FILHO, E.B.; PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A.; ALVES, S.B.; VENDRAMIM, J.D.; MARCHINI, L.C; LOPES, J.R.S.; OMOTO, C. **Livro de Entomologia Agrícola**. 1. ed., p. 477-479, Piracicaba: Editora Fealq, 2002.

GHASEMI, A.; SENDI, J.; GHADAMYARI, M. Physiological and biochemical effect of pyriproxyfen on Indian meal moth *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae). **Journal of Plant Protection Research**, 2010.

GREENE, G. L.; LEPPLA, N. C.; DICKERSON, W. A. Velvetbean caterpillar: a rearing procedure and artificial medium. **Journal of Economic Entomology**, v.69, p.487-488, 1976.

HOFFMANN-CAMPO, C. B; OLIVEIRA, L.J; MOSCARDI, F.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; CORSO, I. C. Pragas que atacam plântulas, hastes e pecíolos da soja. **SOJA-Manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga (Embrapa)**, cap.3, p. 174-175, 2012.

INSECTICIDE RESISTANCE ACTION COMMITTEE. **Manejo da resistência a inseticidas e plantas Bt (*Spodoptera frugiperda*, *Helicoverpa armigera*, *Chrysodeixis includens*)**. Folheto, 1o ed., 2018.

INSECTICIDE RESISTANCE ACTION COMMITTEE. **Manejo da resistência a inseticidas e plantas Bt**. Folder, ESALQ/ USP, Piracicaba-SP, 2013.

JAMES, D. G. Effect of buprofezin on survival of immature stages of *Harmonia axyridis*, *Stethorus punctum picipes* (Coleoptera: Coccinellidae), *Orius tristicolor* (Hemiptera: Anthocoridae), and *Geocoris* spp. (Hemiptera: Geocoridae). **Journal of Economic Entomology**, v. 97, n. 3, p. 900-904, 2004.

KHAN, M. A. M. Efficacy of insect growth regulator Buprofezin against Papaya mealybug. **JEZS**, v. 4, n. 4, p. 730-733, 2016.

KHORSHIDI, M.; ABAD, R. F. P.; SABER, M.; ZIBAEI, A. Effects of hexaflumuron, lufenuron and chlorfluazuron on certain biological and physiological parameters of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae). **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 21, p. 101270, 2019.

LEUCK, D. B.; PERKINS, W. D. A method of estimating fall armyworm progeny reduction when evaluating control achieved by host-plant resistance. **Journal of Economic Entomology**, v. 65, n. 2, p. 482-483, 1972.

MAHMOUDVAND, M.; MOHARRAMIPOUR, S.; IRANSHAHI, M. Effects of pyriproxyfen on life table indices of *Plutella xylostella* in multigenerations. **Psyche**, v. 2015, 2015.

MARONEZE, D. M.; GALLEGOS, D. M. N. Efeito de extrato aquoso de *Melia azedarach* no desenvolvimento das fases imatura e reprodutiva de *Spodoptera frugiperda* (JE Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 3, p. 537-549, 2009.

MCCORD JR. E.; YU, S.J. The mechanisms of carbaryl resistance in the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 27, p.114-122, 1987.

NASR, H. M.; BADAWY, M. EI.; RABEA, E. I. Toxicity and biochemical study of two insect growth regulators, buprofezin and pyriproxyfen, on cotton leafworm *Spodoptera littoralis*. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 98, n. 2, p. 198-205, 2010.

NERI, D. K. P.; GOMES, F. B.; MORAES, J. C.; GÓES, G. B. D.; MARROCOS, S. D. T. P. Influência do silício na suscetibilidade de *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) ao inseticida lufenuron e no desenvolvimento de plantas de milho. **Ciência Rural**, v. 39, n. 6, p. 1633-1638, 2009.

OLIVEIRA, T. C. de. **Flutuação populacional de lagartas desfolhadoras edistribuição espacial de Plusiinae na cultura da soja [*Glycine Max* (L.) Merrill]**. 2014. Dissertação (Mestrado em Fitossanidade) – Universidade Federal de Goiás.

ONO, É. K.; ZANARDI, O. Z.; SANTOS, K. F. A.; YAMAMOTO, P. T. Susceptibility of *Ceraeochrysa cubana* larvae and adults to six insect growth-regulator insecticides. **Chemosphere**, v. 168, p. 49-57, 2017.

PANIZZI, A.R.; BUENO, A. de F.; SILVA, S.A.C.de. Insetos que atacam vagens e grãos. **SOJA-Manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga (Embrapa)**, cap.5, p. 335-382, 2012.

RESMITHA, C.; MEETHAL, K. V. Toxicity of insect growth regulator, Pyriproxyfen, on larvae of *Spodoptera mauritia* Boisid.(Lepidoptera: Noctuidae). *International Journal of Agriculture Innovations and Research*, v. 5, n. 1, p. 173-176, 2016.

RILEY, D.; SMITH, H.; BENNETT, J.; TORRANCE, P.; HUFFMAN, E.; SPARKS, A.; GRUVER, C.; DUNN, T.; CHAMPAGNE, D. Regional Survey of Diamondback Moth (Lepidoptera: Plutellidae) Response to Maximum Dosages of Insecticides in Georgia and Florida. *Journal of economic entomology*, v. 113, n. 5, p. 2458-2464, 2020.

ROSA, A. P. S. A. da; TEIXEIRA, H. B.; MEDINA, L. B.; HELLWING, L.; FIPKE, M.V. Ponte Verde para *Spodoptera frugiperda* (JE Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em Terras Baixas. **Embrapa Clima Temperado-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2014.

ROSA, A. P. S. A.; MARTINS, J. F.S. da. Manejo da resistência de *Spodoptera frugiperda* a inseticidas na cultura do milho: situação atual. Pelotas: **Embrapa Clima Temperado-(Documentos 334)**, 2011.

RUDER, F. J.; GUYER, W.; BENSON, J. A.; KAYSER, H. The thiourea insecticide/acaricide diafenthiuron has a novel mode of action: inhibition of mitochondrial respiration by its carbodiimide product. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, v. 41, n. 2, p. 207-219, 1991.

RUDER, F. J.; KAYSER, H. The carbodiimide product of diafenthiuron inhibits mitochondria in vivo. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, v. 46, n. 2, p. 96-106, 1993.

SANTANA, D. R. S. **Desempenho do algodão Bt no controle de *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1808) (Lepidoptera: Noctuidae) e *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) e a competição interespecífica destes lepidópteros.** 2016. 58 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados-MS.

SANTOS, E. N. **Nível de controle da mosca-branca, *Bemisia tabaci*-ME- AM1/biótipo B (GENNADIUS, 1889) na soja.** 2019. 49 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Centro Universitário de Goiás - Universidade ANHANGUERA, Goiânia-GO.

SINGH, S.; KUMAR, K. Effect of the juvenile hormone agonist pyriproxyfen on larval and pupal development of the citrus swallowtail *Papilio demoleus* (Lepidoptera: Papilionidae). *International Journal of Tropical Insect Science*, v. 31, n. 3, p. 192-198, 2011.

STORCH, G.; LOECK, A. E.; REMOR, M.; PELOIA, P. Efeitos subletais de inseticidas sobre *Spodoptera frugiperda* (JE Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae), utilizados na cultura do milho. *Scientia Agraria Paranaensis*, v. 13, n. 1, p. 71-79, 2014.

SARKAR, PK; MAITY, Labani. Bioeficácia de um pró-inseticida, Diafenthiuron 50% WP contra a traça-diamante, *Plutella xylostella* (Lin.) Em repolho em planícies aluviais gangéticas de Bengala Ocidental. **Jornal Internacional de Agricultura, Meio Ambiente e Biotecnologia**, v. 9, n. 6, pág. 1089, 2016.

STANLEY, J.; PREETHA, G. **Toxicidade de pesticidas para organismos não-alvo**. Berlim, Alemanha: Springer, 2016.

SOSA-GÓMEZ, D. R.; DELPIN, K. E.; MOSCARDI, F.; NOZAKI, M. D. H. The impact of fungicides on *Nomuraea rileyi* (Farlow) Samson epizootics and on populations of *Anticarsia gemmatilis* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae), on soybean. **Neotropical Entomology**, v. 32, n. 2, p. 287-291, 2003.

TAVARES, W. S.; COSTA, M. A.; CRUZ, I.; SILVEIRA, R. D.; SERRAO, J. E.; ZANUNCIO, J. C. Selective effects of natural and synthetic insecticides on mortality of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and its predator *Eriopis connexa* (Coleoptera: Coccinellidae). **Journal of Environmental Science and Health Part B**, v. 45, n. 6, p. 557-561, 2010.

TOMQUELSKI, G. V.; HIROSE, E.; FARIAS, A.; CZEPAK, C.; KEMPIM F. P.; RUTHES, E.; GRIGOLLI, J. F. J.; RATTES, J.; VIVAN, L. M.; JUNIOR, M. M. G.; PEIXOTO, M. F.; TAMAI, M.; IDE, M. A.; MARTINS, M. C.; LOBAK, T. Eficiência de inseticidas para o controle da mosca-branca *Bemisia tabaci* biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) em soja nas safras 2017/2018 e 2018/2019: Resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. **Embrapa Soja-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2020.

TUNAZ, H.; UYGUN, N. Insect growth regulators for insect pest control. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 28, n. 6, p. 377-387, 2004.

WANG, Q. L.; LIU, T.-X. Effects of three insect growth regulators on *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae), an endoparasitoid of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). **Journal of Economic Entomology**, p. tow216, 2016.